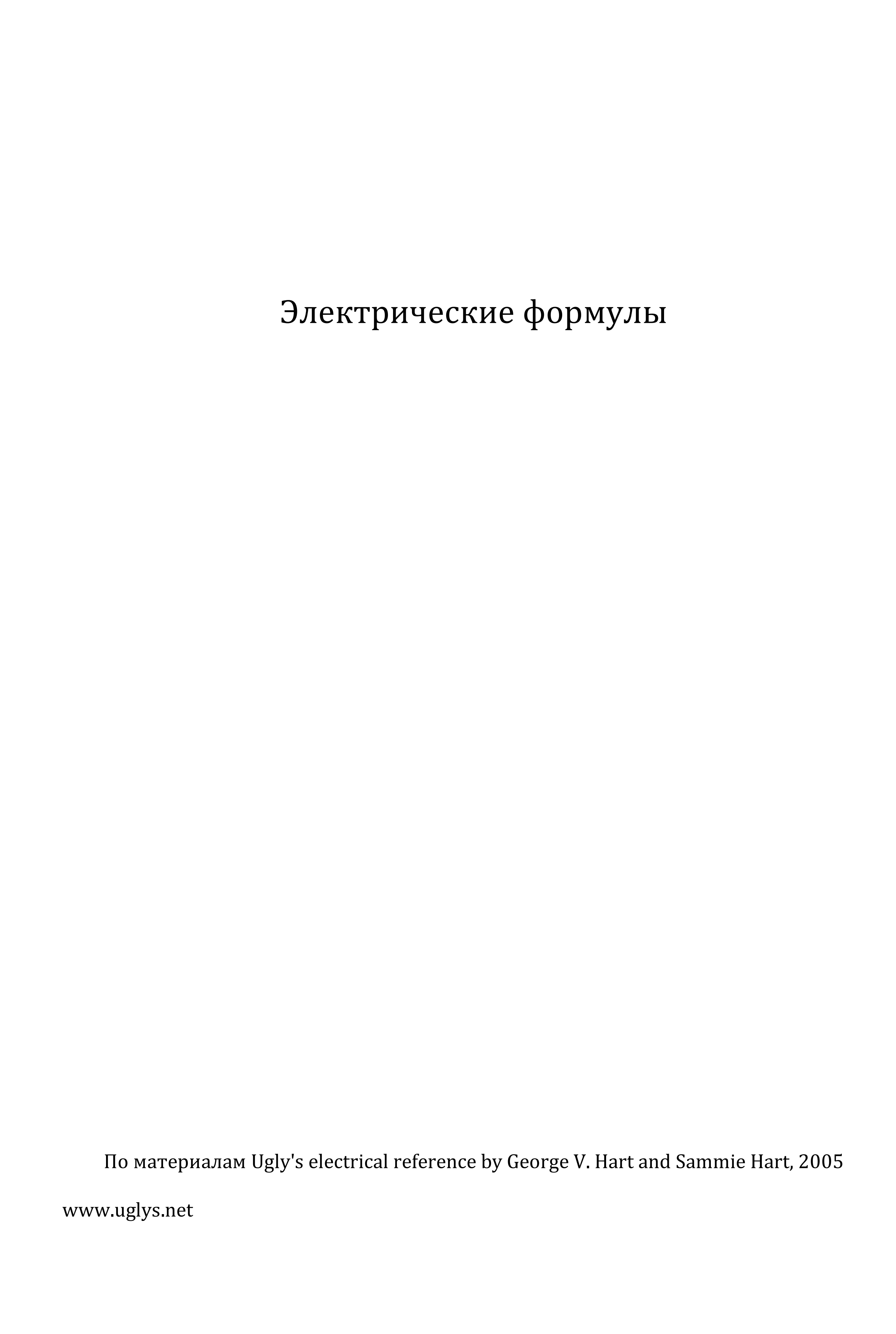


Электрические формулы

По материалам Ugly's electrical reference by George V. Hart and Sammie Hart, 2005

www.uglys.net

Законы Ома.

В примерах 12 законов Ома используются следующие значения:
например: I = ампер = 10 A, V = вольт = 120 V, R = Ом = 12 Ω, W = ватт = 1200 W

$$\text{Ампер} = \sqrt{\frac{\text{Ватт}}{\text{Ом}}}\ I = \sqrt{\frac{W}{R}} = \sqrt{\frac{1200}{12}} = = \sqrt{100} = 10\ A$$

$$\text{Ампер} = \frac{\text{Ватт}}{\text{Вольт}}\ I = \frac{W}{V} = \frac{1200}{12} = 100 = 100\ A$$

$$\text{Ампер} = \frac{\text{Вольт}}{\text{Ом}}\ I = \frac{V}{R} = \frac{120}{12} = 10 = 10\ A$$

$$\text{Ватт} = \frac{\text{Вольт}^2}{\text{Ом}}\ W = \frac{V^2}{R} = \frac{120^2}{12} = \frac{14400}{12} = 1200\ W$$

$$\text{Ватт} = \text{Вольт} \times \text{Ампер}\ W = V \times I = 120 \times 10 = 1200\ W$$

$$\text{Ватт} = \text{Ампер}^2 \times \text{Ом}\ W = I^2 \times R = 100 \times 12 = 1200\ W$$

$$\text{Вольт} = \sqrt{\text{Ватт} \times \text{Ом}}\ V = \sqrt{W \times R} = \sqrt{1200 \times 12} = \sqrt{14400} = 120\ V$$

$$\text{Вольт} = \text{Ампер} \times \text{Ом} = \ V = I \times R = 10 \times 12 = 120\ V$$

$$\text{Ом} = \frac{\text{Вольт}^2}{\text{Ватт}}\ R = \frac{V^2}{W} = \frac{120^2}{1200} = 12\ \Omega$$

$$\text{Ом} = \frac{\text{Ватт}}{\text{Ампер}^2}\ R = \frac{W}{A^2} = \frac{1200}{10^2} = 12\ \Omega$$

$$\text{Ом} = \frac{\text{Вольт}}{\text{Ампер}}\ R = \frac{V}{A} = \frac{120}{10} = 12\ \Omega$$

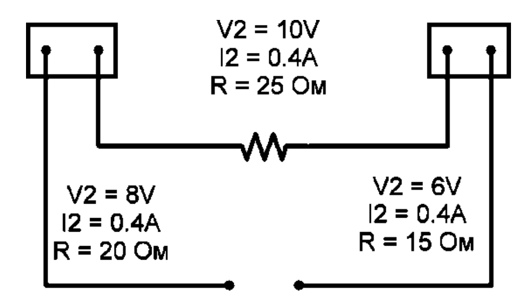
Последовательные схемы.

Последовательная схема, это схема в которой имеется только один путь для протекания электрического тока.
Правило 1: Общий ток в последовательной схеме равен току протекающему через любую часть схемы (общий ток $I_T = I_1 + I_2 + I_3$…и так далее).
Правило 2: Общее напряжение в последовательной схеме равно сумме напряжений проходящих через все части схемы (общий ток $V_T = V_1 + V_2 + V_3$…и так далее).
Правило 3: Общее сопротивление схемы равно сумме всех сопротивлений частей схемы (общее сопротивление $R_T = R_1 + R_2 + R_3$… и так далее)
В соответствии с законами Ома:

$$\text{Ампер} = \frac{\text{Вольт}}{\text{Сопротивление}} = I = \frac{V}{R} \qquad \text{Сопротивление} = \frac{\text{Вольт}}{\text{Ампер}} = R = \frac{V}{I}$$

$$\text{Вольт} = \frac{\text{Ампер}}{\text{Сопротивление}} = V = I \times R$$

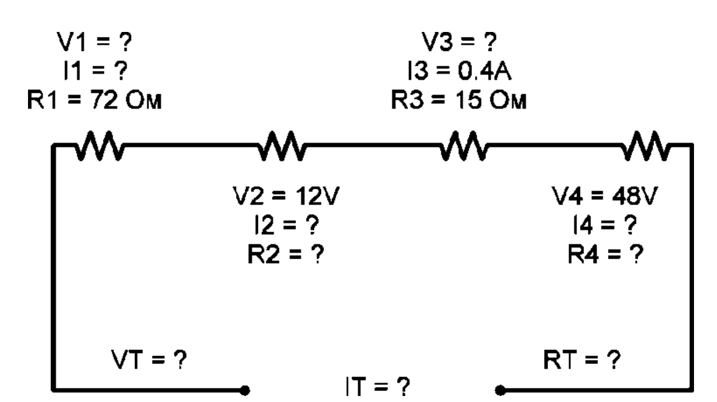
Пример: найдем общее напряжение, общий ток и общее сопротивление следующей последовательной схемы.



V_T = ? I_T = ? R_T = ?

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 = 8 + 10 + 6 = 24\,V$$
$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = 0{,}4 = 0{,}4 = 0{,}4 = 0{,}4\,A$$
$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 = 20 + 25 + 15 = 60\,\Omega$$

Пример: найдем V_T, V_1, V_3, I_T, I_1, I_2, I_4, R_T, R_2 и R_4.



Согласно закона Ома для последовательной схемы:

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = I_4$$
$$I_T = I_1 = I_2 = 0{,}5 = I_4$$
$$0{,}5 = 0{,}5 = 0{,}5 = 0{,}5 = 0{,}5$$
$$I_T = 0{,}5A, I_1 = 0{,}5A, I_2 = 0{,}5\,A,$$
$$I_3 = 0{,}5A, I_4 = 0{,}5\,A$$

Найдем неизвестные величины в приведенной схеме согласно законам Ома:

$$V_1 = I_1 \times R_1 = 0{,}5 \times 72 = 36\,V \quad V_3 = I_3 \times R_3 = 0{,}5 \times 48 = 24\,V$$

$$R_2 = \frac{V_2}{I_2} = \frac{12}{0{,}5} = 25\,\Omega \quad R_4 = \frac{V_4}{I_4} = \frac{48}{0{,}5} = 96\,\Omega$$

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = 36 + 12 + 24 + 48 = 120\,V$$
$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 72 + 24 + 48 + 96 = 240\,\Omega$$

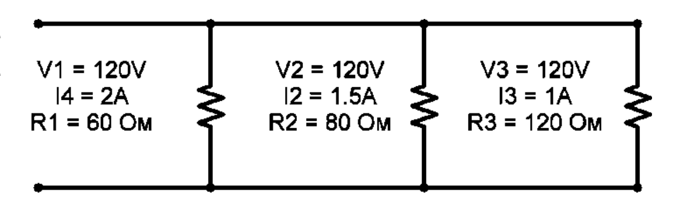
Параллельные схемы.

Параллельная схема, это схема в которой имеется более чем один путь для протекания электрического тока.

Правило 1: Общий ток в параллельной схеме равен сумме токов протекающих через все ветви схемы (общий ток $I_T = I_1 + I_2 + I_3$… и так далее)
Правило 2: Напряжение какой-либо параллельной ветви равно напряжению какой-либо другой любой ветви, и равно общему напряжению схемы.
Правило 3: Общее сопротивление параллельной схемы вычисляется согласно законам Ома от общих величин схемы.

$$\text{Общее сопротивление} = \frac{\text{общее напряжение}}{\text{общий ток}} = R_\text{T} = \frac{V_T}{I_T}$$

Пример: найдем общий ток, общее напряжение, и общее сопротивление следующей параллельной схемы.



$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 = 2 + 1{,}5 + 1 = 4{,}5\,A$$
$$V_T = V_1 = V_2 = V_3 = 120\,V$$

$$R_T = \frac{V_T}{I_T} = \frac{120V}{4{,}5A} = 26{,}66\ \Omega$$

Примечание: в параллельной схеме общее сопротивление всегда меньше, чем какой-либо ветви схемы. Если ветви параллельной схемы имеют одинаковое сопротивление, в каждой ветви будет одинаковый ток. Если сопротивление различно, ток так же будет разным. Чем больше общее сопротивление, в последовательной или параллельной схеме, общий ток будет меньше.

$$\frac{1}{\text{Общее сопротивление}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\ \text{и так далее}$$

Подсчитаем общее сопротивление параллельной схемы при неизвестном токе и напряжении.

R1 = 60 Ом
R2 = 80 Ом
R3 = 120 Ом

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{60} + \frac{1}{80} + \frac{1}{120}$$

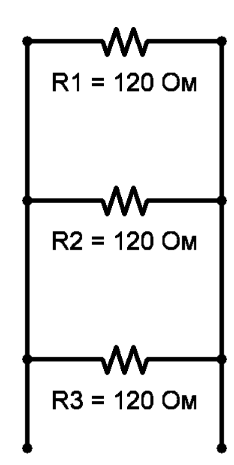
$$\frac{1}{R_T} = \frac{4+3+2}{240} = \frac{9}{240}$$

$$9 \times R_T = 1 \times 240 \quad \text{или} \quad 9R_T = 240\ R_T = 26{,}66\ \Omega$$

Примечание: общее сопротивление *одинаковых* резисторов в параллельной схеме равно сопротивлению одного резистора поделенное на количество резисторов.

$$\text{Общее сопротивление} = \frac{\text{Сопротивление одного резистора}}{\text{Количество резисторов в схеме}}\ \text{или}\ R_T = \frac{R}{N}$$

Пример: найдем общее сопротивление следующей схемы.



Три резистора включены параллельно, каждый резистор по 120 Ом. В соответствии с формулой, если разделить сопротивление одного резистора на общее их количество получим общее сопротивление схемы.

$$R_T = \frac{R}{N} \quad \text{или} \quad R_T = \frac{120}{3} = 40\Omega$$

Примечание: для нахождения общего сопротивления каких-либо двух разных резисторов включенных параллельно умножают сопротивления обоих резисторов, затем полученное значение делят на их сумму.

$$\text{Общее сопротивление} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

R1 = 40 Ом
R2 = 80 Ом

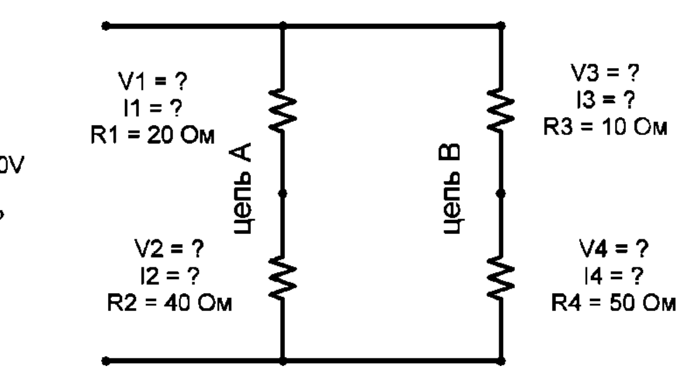
Пример:

$$R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{40 \times 80}{40 + 80} = \frac{3200}{120} = 26{,}66\Omega$$

Комбинированные схемы.

В комбинированных схемах присутствуют последовательные цепи и параллельные цепи. В комбинированных схемах имеют место различные напряжения, как в последовательных схемах и различные токи, как в параллельных схемах.

Пример 1. Параллельно – последовательная схема, найдем неизвестные величины.
Решение: найдем общее сопротивление в каждой цепи A и B. Сопротивление цепи A:



$$R_1 + R_2 = 20 + 40 = 60$$

Сопротивление цепи B:

$$R_3 + R_4 = 10 + 50 = 60$$

Представим, что пара последовательных резисторов в цепях являются единичными резисторами в цепи A 60 Ом и в цепи B так же 60 Ом. Таким образом имеется простая параллельная схема с $V_T = V_A = V_B = 120V$ и с двумя эквивалентными резисторами, в таком случае:

$$R_T = \frac{R_A \times R_B}{R_A + R_B} = \frac{60 \times 60}{60 + 60} = 30\ \Omega$$

Когда резисторы в параллельной схеме одинаковы:

$$R_T = \frac{R}{N} = \frac{60}{2} = 30\ \Omega$$

или

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} = \frac{1}{60} + \frac{1}{60} = \frac{2}{60} = \frac{1}{30}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{30}$$

$$\text{или}\ \ 1 \times R_T = 1 \times 30 = 30\ \Omega$$

При найденных значениях V_T, R_T, V_A, R_A, V_B, R_B, R_1, R_2, R_3 и R_4, следующий шаг нахождение I_T, I_A, I_B, I_1, I_2, I_3 и I_4

$$I_T = \frac{V_T}{R_T} = \frac{120}{30} = 4\ A \quad I_A = \frac{V_A}{R_A} = \frac{120}{60} = 2\ A$$

$$I_A = I_1 = I_2\ \text{или}\ 2 = 2 = 2\ A;\ I_1 = 2\ A, I_2 = 2\ A \quad I_B = \frac{V_B}{R_B} = \frac{120}{60} = 2\ A$$
$$I_B = I_3 = I_4\ \text{или}\ 2 = 2 = 2\ A;\ I_3 = 2\ A, I_4 = 2\ A$$

При известных значениях резисторов, используя законы Ома можно подсчитать падение напряжения на каждом резисторе.

$$V_1 = R_1 \times I_1 = 20 \times 2 = 40V \quad V_2 = R_2 \times I_2 = 40 \times 2 = 80\ V$$
$$V_3 = R_3 \times I_3 = 10 \times 2 = 20V \quad V_4 = R_4 \times I_4 = 50 \times 2 = 100\ V$$

Пример 2. Последовательно – параллельная схема. Найдем неизвестные значения величин. Представим, что два параллельных резистора R_2 и R3, являются одним резистором. В таком случае подсчитаем его сопротивление:

$$R_A = \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3} = \frac{20 \times 30}{20 + 30} = 12\ \Omega$$

При известном общем сопротивлении схемы найдем ток:

$$R_T = R_A + R_1 = 10 + 12 = 22\ \Omega$$

$$I_T = \frac{V_T}{R_T} = \frac{110}{22} = 5\ A$$

В последовательной схеме: $I_T = I_1 = I_A$ или $I_T = 5\ A, I_1 = 5\ A, I_A = 5\ A$
Используя законы Ома:

$$V_1 = I_1 \times R_1 = 5 \times 10 = 50\ V; \quad V_T - V_1 = 110\ V - 50\ V = 60\ V = V_A$$

В параллельной схеме: $V_A = V_2 = V_3$, или $V_2 = 60\ V;\ V_3 = 60\ V$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{60}{20} = 3A \quad I_3 = \frac{V_3}{R_3} = \frac{60}{30} = 2\ A$$

Подсчет тока.

При постоянном токе, при известной мощности в лошадиных силах:

$$\text{Ток} = \frac{\text{Лошадиных сил } \times 746}{\text{Вольт} \times \text{Коэффициент полезного действия}} = I = \frac{\text{л. с.} \times 746}{V \times \text{КПД}}$$

Например, какой ток будет иметь мотор 12 вольт, *кпд* 96%, мощность $^1/_8$ л. с. ?

$$I = \frac{\text{л. с. } \times 746}{V \times \text{КПД}} = \frac{\frac{1}{8} \times 746}{12 \times 0{,}96} = \frac{93{,}25}{11{,}52} = 8{,}09\ \text{А}$$

Когда известна мощность в киловаттах:

$$\text{Ампер} = \frac{\text{Киловатт} \times 1000}{\text{Вольт}} \quad \text{или} \quad I = \frac{kW \times 1000}{V}$$

Пример: найдем ток постоянного двигателя 75 kW, 240 V:

$$I = \frac{kW \times 1000}{V} = \frac{75 \times 1000}{240} = 312{,}5\ \text{А}$$

Однофазный ток переменного напряжения.

При известной мощности (ватт), напряжении и факторе мощности PF ($cos\varphi$):

$$\text{Ампер} = \frac{\text{Ватт}}{\text{Вольт} \times \text{Фактор мощности}} \quad \text{или} \quad I = \frac{W}{V \times PF}$$

Подсчитаем ток схемы мощностью 1500 ватт, 230 вольт, фактор мощности 86%:

$$I = \frac{1500}{230 \times 0{,}86} = \frac{1500}{197{,}8} = 7{,}58\ A$$

При известной мощности в л. с.:

$$\text{Ампер} = \frac{\text{Лошадиных сил} \times 746}{\text{Вольт} \times \text{Коэффициент полезного действия} \times \text{Фактор мощности}}$$

Пример: подсчет тока однофазного мотора, 115 вольт, мощность ½ л. с, фактор мощности 80%, к. п. д. 92%:

$$I = \frac{\text{л. с.} \times 746}{V \times \text{КПД} \times PF} = \frac{\frac{1}{2} \times 746}{115 \times 0{,}92 \times 0{,}80} = \frac{373}{84{,}64} = 4{,}4\ A$$

При известной мощности в киловаттах:

$$\text{Ампер} = \frac{\text{Киловатт} \times 1000}{\text{Вольт} \times \text{Фактор мощности}} = I = \frac{kW \times 1000}{V \times PF}$$

Пример: однофазная схема 230 вольт, мощность 12 киловатт, фактор мощности 84%, ток составит:

$$I = \frac{kVA \times 1000}{V \times PF} = \frac{12 \times 1000}{230 \times 0{,}84} = \frac{12000}{193{,}2} = 62\ A$$

При известной мощности в киловольт – амперах:

$$\text{Ампер} = \frac{\text{Киловольтампер} \times 1000}{\text{Вольт}} = I = \frac{kVA \times 1000}{V}$$

Пример: 115 вольт, однофазный генератор мощностью 2 киловатт – ампера, ток 17,4 А, проверим:

$$I = \frac{kVA \times 1000}{PF} = \frac{2 \times 1000}{115} = \frac{2000}{115} = 17{,}4\ A$$

При трехфазном питании:

$$\text{Ампер} = \frac{\text{Ватт}}{\text{Вольт} \times \text{Фактор мощности} \times 1{,}73} = I = \frac{W}{V \times PF \times 1{,}73}$$

Пример: подсчет тока для схемы 1500 ватт, фактор мощности 86%, 230 вольт, три фазы:

$$I = \frac{W}{V \times PF \times 1{,}73} = \frac{1500}{230 \times 0{,}86 \times 1{,}73} = \frac{1500}{342{,}2} = 4{,}4\ A$$

При известной мощности л. с.:

$$\text{Ампер} = \frac{\text{Лошадиных сил} \times 746}{\text{Вольт} \times \text{Коэффициент полезного действия} \times \text{Фактор мощности} \times 1{,}73}$$

$$\text{или } I = \frac{\text{л. с.} \times 746}{V \times \text{КПД} \times PF \times 1{,}73}$$

Пример: трехфазный мотор, 230 вольт, мощность ½ л.с., к. п. д. 92%, фактор мощности 80%:

$$I = \frac{\text{л. с.} \quad \times 746}{V \times \text{КПД} \times PF \times 1{,}73} = \frac{\frac{1}{2} \times 746}{230 \times 0{,}92 \times 0{,}8 \times 1{,}73} = \frac{373}{293} = 1{,}27\ \text{А}$$

При известной мощности в киловаттах:

$$\text{Ампер} = \frac{\text{Киловатт} \times 1000}{\text{Вольт} \times \text{Фактор мощности} \times 1{,}73} \text{ или } I = \frac{kW \times 1000}{V \times PF \times 1{,}73}$$

Пример: 230 вольт, трехфазная схема, 12 киловатт, фактор мощности 84%, нахождение тока:

$$I = \frac{kW \times 1000}{V \times PF \times 1{,}73} = \frac{12 \times 1000}{230 \times 0{,}84 \times 1{,}73} = \frac{12000}{334{,}24} = 36\ \text{А}$$

При известных киловольтампер:

$$\text{Ампер} = \frac{\text{Киловольтампер} \times 1000}{\text{Вольт} \times 1{,}73} \text{ или } I = \frac{kVA \times 1000}{V \times 1{,}73}$$

Пример: 230 вольт, мощность 4 киловольтампера, трехфазный генератор, ток при полной нагрузке 10А, проверим:

$$I = \frac{kVA \times 1000}{V \times 1{,}73} = \frac{4 \times 1000}{230 \times 1{,}73} = \frac{4000}{397{,}9} = 10\ \text{А}$$

Примечание: для понимания предидущих формул следует так же запомнить:
1. Двухфазный ток × 2 = однофазный ток.
2. Трехфазный ток × 1,73 = однофазный ток.
3. Ток в общем проводнике двухфазной трехпроводной схемы больше в 1,41 раз (141%) чем в любом из двух фазных проводников этой схемы

Нахождение мощности в лошадиных силах.

Для постоянного тока:

$$\text{Лошадиных сил} = \frac{\text{Вольт} \times \text{Ампер} \times \text{Коэффициент полезного действия}}{746}$$

Пример: подсчет мощности в л. с. мотора 12 вольт, ток 8,09 ампер, *кпд* 96%:

$$\text{л. с.} = \frac{V \times I \times \text{КПД}}{746} = \frac{12 \times 8{,}09 \times 0{,}96}{746} = 0{,}1249 = \frac{1}{8}\ \text{л. с.}$$

Для однофазного питания:

$$\text{л. с.} = \frac{\text{Вольт} \times \text{Ампер} \times \text{КПД} \times \text{Фактор мощности}}{746}$$

Пример: однофазный мотор, 115 вольт, коэффициент полезного действия 92%, фактор мощности 80%, ток 44, ампера:

$$\text{л. с.} = \frac{V \times I \times \text{КПД} \times PF}{746} = \frac{115 \times 4{,}4 \times 0{,}92 \times 0{,}80}{746} = \frac{372{,}416}{746} = \frac{1}{2}\ \text{л. с.}$$

Для двухфазного питания:

$$\text{л. с.} = \frac{\text{Вольт} \times \text{Ампер} \times \text{КПД} \times \text{Фактор мощности} \times 2}{746}$$

Пример: двухфазный мотор 230 вольт, *кпд* 92%, фактор мощности 80%, нагрузка 1,1А.

$$\text{л. с.} = \frac{V \times I \times \text{КПД} \times PF \times 2}{746} = \frac{230 \times 1.1 \times 0{,}92 \times 0{,}80 \times 2}{746} = \frac{372{,}416}{746} = \frac{1}{2}\ \text{л. с.}$$

Для трехфазного питания:

$$\text{л. с.} = \frac{\text{Вольт} \times \text{Ампер} \times \text{КПД} \times \text{Фактор мощности} \times 1{,}73}{746}$$

Пример: трехфазный мотор, 460 вольт, ток 52 ампера, коэффициент полезно действия 94%, фактор мощности 80%:

$$\text{л. с.} = \frac{V \times I \times \text{КПД} \times PF \times 1{,}73}{746} = \frac{460 \times 52 \times 0{,}94 \times 0{,}80 \times 1{,}73}{746} = 41{,}7\ \text{л. с.}$$

Нахождение мощности в ваттах.

При известном напряжении и токе:

$$\text{Мощность в ваттах} = \text{Вольт} \times \text{Ампер}$$

Пример: электрическая схема имеет напряжение 120 вольт и ток питания составляет 5 ампер, найдем мощность цепи:

$$W = V \times I = 120 \times 5 = 600\ \text{ватт}$$

Возможно найти сопротивление схемы:

$$W = R \times I^2\ \text{или}\ 600 = R \times 25, \quad \text{далее}\ \frac{600}{25} = R\ \text{или}\ R = 24\ \Omega$$

$$\text{так же: Мощность в ваттах} = \frac{\text{Напряжение}^2}{R}\ \text{или}\ W = \frac{V^2}{R}\ \text{или}\ 600 = \frac{120^2}{R}$$

$$R \times 600 = 120^2\ \text{или}\ R = \frac{14400}{600} = 24\ \Omega$$

При постоянном токе:

$$\text{Киловатт} = \frac{\text{Напряжение} \times \text{Ток в амперах}}{1000}$$

Пример: мотор постоянного тока 120 вольт, ток 40А, подсчет мощности в киловаттах:

$$kW = \frac{V \times I}{1000} = \frac{120 \times 40}{1000} = 4{,}8\ kW$$

Однофазное питание:

$$\text{Киловатт} = \frac{\text{Напряжение} \times \text{Ток в амперах} \times \text{Фактор мощности}}{1000}$$

Пример: мотор однофазный, 115 вольт, ток 20 ампер, фактор мощности 86%:

$$kW = \frac{V \times I \times PF}{1000} = \frac{115 \times 20 \times 0{,}86}{1000} = \frac{1978}{1000} = 1{,}978 = 2\ kW$$

Двухфазное питание:

$$\text{Киловатт} = \frac{\text{Напряжение} \times \text{Ток в амперах} \times \text{Фактор мощности} \times 2}{1000}$$

Пример: мотор двухфазный, 230 вольт, ток 55 ампер, фактор мощности 92%:

$$kW = \frac{V \times I \times PF \times 2}{1000} = \frac{230 \times 55 \times 0{,}92 \times 2}{1000} = \frac{23276}{1000} = 23{,}276 = 23\ kW$$

Трехфазное питание:

$$\text{Киловатт} = \frac{\text{Напряжение} \times \text{Ток в амперах} \times \text{Фактор мощности} \times 1{,}73}{1000}$$

Пример: трехфазный мотор, 460 вольт (AC), ток 52А, фактор мощности 80%:

$$kW = \frac{V \times I \times PF \times 1{,}73}{1000} = \frac{460 \times 52 \times 0{,}80 \times 1{,}73}{1000} = \frac{33105}{1000} = 33{,}105 = 33\ kW$$

Законы Кирхгофа.

Первый закон (ток). Сумма токов втекающих в какую либо точку электрической цепи равна сумме токов вытекающих из этой точки.

Второй закон (напряжение). Напряжений приложенное к какой либо замкнутой части цепи всегда эквивалентно сумме падения напряжения в этой части схемы.

Нахождение мощности в киловольт – амперах.

Однофазное питание:

$$\text{Киловольт – ампер} = \frac{\text{Вольт} \times \text{Ампер}}{1000}$$

Пример: однофазный генератор 240 вольт дает 41,66 ампер при полной нагрузке. Подсчитаем мощность в киловольт – амперах:

$$kVA = \frac{V \times I}{1000} = \frac{240 \times 41{,}66}{1000} = \frac{10000}{1000} = 10\ kVA$$

При двухфазном питании:

$$\text{Киловольт – ампер} = \frac{\text{Вольт} \times \text{Ампер} \times 2}{1000}$$

Пример: двухфазный генератор 230 вольт дает 55 ампер при полной нагрузке. Подсчитаем мощность в киловольт – амперах:

$$kVA = \frac{V \times I \times 2}{1000} = \frac{230 \times 55 \times 2}{1000} = \frac{25300}{1000} = 25{,}3 \approx 25\ kVA$$

При трехфазном питании:

$$\text{Киловольт – ампер} = \frac{\text{Вольт} \times \text{Ампер} \times 1{,}73}{1000}$$

Пример: трехфазный генератор 460 вольт дает 52 ампер при полной нагрузке. Подсчитаем мощность в киловольт – амперах:

$$kVA = \frac{V \times I \times 1{,}73}{1000} = \frac{460 \times 52 \times 1{,}73}{1000} = \frac{41382}{1000} = 41{,}382 \approx 41\ kVA$$

Примечание: kVA = кажущаяся мощность = мощность перед использованием, например указываемая для трансформаторов.

Фактор мощности и эффективность (коэффициент полезного действия).

Пример: асинхронный мотор паспортной мощности 10 л. с., 208 вольт, трехфазный, с указанным током 27,79 ампер на табличке. При работе ваттметр показывает 8 киловатт (истинной мощности). Подсчитаем кажущуюся (или полную) мощность (kVA), фактор мощности, к. п. д., внутренние потери и необходимая мощность конденсатора (kVAR) для коррекции реактивной мощности до единицы (100%). Кажущаяся входная мощность в киловольт – амперах:

$$kVA = \frac{V \times I \times 1{,}73}{1000} = \frac{208 \times 27{,}79 \times 1{,}73}{1000} = 10\ kVA$$

Фактор мощности (PF) – соотношение истинной мощности (kW) к кажущейся (kVA):

$$\frac{\text{Киловатт}}{\text{Киловольтампер}} = \frac{8\text{kW}}{10\text{kVA}} = 0{,}8 = 80\%$$

$$\text{Выходная мощность мотора} = 10\ \text{л.с.}\ \times 746\ \text{ватт} = 7460 = 7{,}46\ \text{kW}$$

$$\text{Коэффициент полезного действия} = \frac{\text{Выходная мощность}}{\text{Входная мощность}} = \frac{7{,}46\ kW}{8\ kW} = 0{,}9325 = 93{,}25\%$$

$$\text{Внутренние потери (нагрев, трение, гистерзис)} = 8\ kW - 7{,}46\ kW = 0{,}54kW = 540\ W$$

Мощность компенсирующего конденсатора:

$$kVAR = \sqrt{kVA^2 - kW^2} = \sqrt{10kVA^2 - 8kW^2} = \sqrt{100 - 64} = \sqrt{36} = 6\ kVAR$$

Киловольт ампер реактивный (kVAR) – мощность сохраняемая в магнитном поле мотора.
Источник питания должен поддерживать ток для соответствующей выполняемой работы, и поддерживать магнитное поле мотора. Перед корректированием фактора мощности ток был 27,79 ампер.

Ток намагничивания после коррекции мощности поддерживается циркуляцией тока между мотором и электростатическим полем конденсатора и таким образом поддерживает источник питания после запуска. Ток питания, после коррекции фактора мощности до 100%, будет равным требуемой мощности в ваттах, в приведенном примере:

$$\frac{8kW \times 1000}{208V \times 1{,}73} = 22{,}23\ A$$

Индуктивные нагрузки (моторы, катушки) имеют отстающие токи, емкостные нагрузки имеет опережающие токи. Индукция и емкость имеют противоположные эффекты в цепи и могут нейтрализовать друг друга.

Расчет компенсирующего конденсатора:

$$Qc = 2 \times \pi \times f \times C \times V^2 \times 10^{-9}\ kVAR \qquad C = \frac{Qc \times 10^9}{2 \times \pi \times f \times V^2}\ \mu F$$

где: C – емкость конденсатора μF, Qc – мощность конденсатора kVAR, f – частота сети, V – напряжение, π – число "пи", равное $\sim$ 3,14159.

Емкость.

$$C = \frac{Q}{V} \text{ или Емкость} = \frac{\text{Кулон}}{\text{Напряжение}}$$

Емкость это свойство схемы или тела позволяющее накапливать и сохранять электрический заряд. Указывается в Фарадах. 1 фарад соответствует заряду в один кулон при одном вольте разницы потенциала. (1 фарад = 1000000 микрофарад) Подсчет емкости конденсаторов соединенных последовательно:

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4}$$

Пример: четыре конденсатора соединены последовательно, емкость каждого 12 микрофарад.

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{12} + \frac{1}{12} + \frac{1}{12} + \frac{1}{12} = \frac{4}{12}; \quad \frac{1}{C_T} = \frac{4}{12} \text{ или } C_T \times 4 = 12 \text{ или } C_T = \frac{12}{4} = 3\ \mu F$$

Подсчет емкости конденсаторов соединенных параллельно:

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 \quad C_T = 12 + 12 + 12 + 12 = 48\ \mu F$$

Индуктивность.

Общая индуктивность катушек соединенных последовательно: $L_T = L_1 + L_2 + L_3 + L_4$
Пример: четыре катушки соединены последовательно, каждая катушка имеет индуктивность в 4 Генри (H), общая индуктивность цепи составит:

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 = 4 + 4 + 4 + 4 = 16\ H$$

Нахождение индуктивности катушек соединенных параллельно:

$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \frac{1}{L_4}$$

$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \frac{1}{L_4} = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{4}{4} \text{ или } L_T \times 4 = 1 \text{ или } L_T = \frac{4}{4} = 1\ H$$

Индукционная катушка представляет собой устройство, состоящее из двух концентрических катушек и прерывателя, который обеспечивает преобразование постоянного напряжения в высокое переменное напряжение посредством электромагнитной индукции. Часто используется как катушка для искрообразования.

Расчет импеданса.

Импеданс (Z) это общее сопротивление цепи при переменном токе. Указывается в омах (Ω). Когда напряжение и амперы известны:

$$\text{Импеданс} = \frac{\text{Напряжение}}{A\text{мперы}} \quad \text{или} \quad Z = \frac{E}{I}$$

Подсчитаем импеданс схемы на 120 вольт переменного тока, при токе 4 ампера.

$$Z = \frac{E}{I} = \frac{120}{4} = 30\ \Omega$$

Когда известно омическое (активное) сопротивление и реактивное сопротивление:

$$Z = \sqrt{\text{омическое сопротивление}^2 + \text{реактивное сопротивление}^2} = \sqrt{R^2 + X^2}$$

Подсчитаем импеданс схемы переменного напряжения при омическом сопротивлении R = 6 Ом (сопротивлении постоянному току) и реактивном сопротивлении X = 8 Ом:

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{36 + 64} = \sqrt{100} = 10\ \Omega$$

Когда известно омическое сопротивление, индуктивное сопротивление, емкостное сопротивление:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Подсчитаем импеданс схемы переменного напряжения при омическом сопротивлении схемы 6 *Ом*, при индуктивном сопротивления 18 *Ом* и емкостном сопротивлении 10 *Ом*:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{6^2 + (18 - 10)^2} = \sqrt{6^2 - 8^2} = \sqrt{36 + 64} = \sqrt{100} = 10\ \Omega$$

Примечание. Меньшее вычитается из большего при разнице между реактивным сопротивлением конденсатора и индуктивности, то есть может быть наоборот $X_C - X_L$.

Нахождение реактивного сопротивления.

Реактивное сопротивление возникает в цепи переменного тока. Появление реактивного сопротивления обусловлено наличием индуктивности и емкости, эквивалентно разнице между емкостным сопротивлением и индуктивным сопротивлением. Указывается в омах (Ω).

Индуктивное реактивное сопротивление X_L.

Реактивная индуктивность является частью общего реактивного сопротивления в схеме при наличии самоиндукции.

$$X_L = 2 \times \pi \times \text{частота} \times \text{индуктивность} = 6{,}28 \times f \times L$$

Подсчитаем реактивное сопротивление катушки имеющей индуктивность $4H$ (4 Генри) при частоте 60 *герц*:

$$X_L = 6{,}28 \times f \times L = 6{,}28 \times 60 \times 4 = 1570\ \Omega$$

Емкостное реактивное сопротивление X_C.

Емкостное реактивное сопротивление является частью общего реактивного сопротивления схемы при наличии емкости в цепи (емкость в фарадах):

$$X_C = \frac{1}{2 \times \pi \times \text{частота} \times \text{емкость}} = \frac{1}{6{,}28 \times f \times C}$$

Подсчитаем реактивное сопротивление конденсатора 4 μF при 60 Hz (герц) в цепи переменного тока.

$$X_C = \frac{1}{2 \times 3{,}14159 \times \text{частота} \times \text{емкость}} = \frac{1}{6{,}28 \times 60 \times 0{,}000004} = \frac{1}{0{,}0015072} = 663\ \Omega$$

Генри – единица индуктивности, соответствет индуктивности цепи в которой изменение тока на один ампер в секунду индуктирует *эдс* напряжением в один вольт.

Электрические формулы для подсчета ампер, мощности в лошадиных силах, в киловаттах и киловольт – амперах.

Подсчет	Постоянный ток	Переменный ток		
		Однофазный	Двухфазный	Трехфазный
Ампер при известных л. с.:	$\frac{\text{л. с.} \times 746}{V \times \text{КПД}}$	$\frac{\text{л. с.} \times 746}{V \times \text{КПД} \times PF}$	$\frac{\text{л. с.} \times 746}{V \times \text{КПД} \times PF \times 2}$	$\frac{\text{л. с.} \times 746}{V \times \text{КПД} \times PF \times 1{,}73}$
Ампер при известных kW:	$\frac{kW \times 1000}{V}$	$\frac{kW \times 1000}{V \times PF}$	$\frac{kW \times 1000}{V \times PF \times 2}$	$\frac{kW \times 1000}{V \times PF \times 1{,}73}$
Ампер при известных kVA:		$\frac{kVA \times 1000}{V}$	$\frac{kVA \times 1000}{V \times 2}$	$\frac{kVA \times 1000}{V \times 1{,}73}$
Киловатт, kW:	$\frac{V \times I}{1000}$	$\frac{V \times I \times PF}{1000}$	$\frac{V \times I \times PF \times 2}{1000}$	$\frac{V \times I \times PF \times 1{,}73}{1000}$
Киловольт – ампер, kVA:		$\frac{V \times I}{1000}$	$\frac{V \times I \times 2}{1000}$	$\frac{V \times I \times 1{,}73}{1000}$
Мощность в л. с.:	$\frac{V \times I \times \text{КПД}}{746}$	$\frac{V \times I \times \text{КПД} \times PF}{746}$	$\frac{V \times I \times \text{КПД} \times PF \times 2}{746}$	$\frac{V \times I \times \text{КПД} \times PF \times 1{,}73}{746}$

Примечание:
В формулах постоянного тока не используются: PF, 2 или 1,73.
В формулах однофазного тока не используются: 2 или 1,73
В формулах двухфазного тока не используется: 1,73
В формулах трехфазного тока не используется: 2

(V – вольт, I – ампер, W – ватт)